

Special Instructions for Evidence Copy Box Identification

Documents in this patent application scanned prior to the scan date of this document may not have a box number present in the database. The documents are in the same box as this paper. If the patent application documents that do not have a box number are stored in more than one box, a copy of this form is placed in each box. Check the database box number for each copy of this form to identify all of the evidence copy box numbers for documents that do not have a box number.

☒

The documents stored in this box are original application papers scanned and endorsed by PACT and imported into IFW.

☐

The documents stored in this box were scanned into the IFW prototype for GAU 1634, 2827, or 2834.

Indexer, place and X in only one box above to indicate the documents placed in this box that were previously scanned in PACR or IFW and will not be scanned again.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

00P 14758



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift
⑩ DE 42 20 502 C 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 03 M 1/22
G 01 B 7/30
G 01 B 11/26

81

②1 Aktenzeichen: P 42 20 502.6-31
②2 Anmeldetag: 23. 6. 92
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 12. 93

DE 42 20 502 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Max Stegmann GmbH Antriebstechnik - Elektronik,
78166 Donaueschingen, DE

⑦4 Vertreter:

Westphal, K., Dipl.-Ing.; Mußgug, B., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat., 78048 Villingen-Schwenningen; Buchner,
O., Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 81245 München

⑦2 Erfinder:

Siraky, Josef, Dipl.-Ing., 78048 Donaueschingen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 37 37 278 C2
DE 34 20 600 C2
DE 29 07 797 C2

Absolute Positionen, in: industrieelektrik +
elektronik, 33.Jhrg., 1988, Nr.11, S.64 u. 65;

⑤4 Drehwinkelmeßsystem

⑤7 Es wird ein Drehwinkelmeßsystem beschrieben, bei welchem mittels einer optoelektronischen Abtastung einer Codescheibe vier analoge Signalpaare, nämlich 1, 8, 64 und 512 Sinus- und Kosinus-Signale pro Umdrehung erhalten werden. Aus den Sinus- und Kosinus-Signalpaaren wird in einer Auswerte-Elektronik der Arcustangens gebildet, der den Winkel darstellt. Die Winkel der einzelnen Signalpaare werden zu einem digitalen Wort aneinandergesetzt, welches die absolute Winkelposition darstellt. Die Sinus- und Kosinus-Signale der feinsten Teilung mit 512 Perioden pro Umdrehung werden zusätzlich zur inkrementalen Winkelzählung verwendet, wobei die Auflösung durch eine Interpolation der analogen Signale erhöht wird. Das Drehwinkelmeßsystem stellt somit zusätzlich zu einer inkrementalen Winkelmessung jederzeit auch die absolute Winkelposition als digitales Wort zur Verfügung.

DE 42 20 502 C 1

Die Erfindung betrifft ein Drehwinkelmeßsystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In zunehmendem Maße werden Wechselstrommotoren als Servoantriebe eingesetzt. Servoantriebe sind rotatorische Aktoren, die in der Lage sind, eine Drehzahl in beide Drehrichtungen zu fahren und auf einen bestimmten Drehwinkel zu positionieren. Es werden dabei sowohl synchrone als auch asynchrone Motoren eingesetzt. Bei beiden Motorenarten muß für den Einsatz als Servomotor sowohl die Information über die Drehzahl als auch die Information über den Drehwinkel ausgewertet und zur Steuerung des Motors rückgemeldet werden.

Zur Erfassung der Information über den Drehwinkel hat sich in den letzten Jahren der Resolver bewährt. Dieser ermittelt elektromagnetisch die Position des Rotors innerhalb einer Umdrehung absolut. Da der Resolver eine Trägerfrequenz von üblicherweise 400 bis 5000 Hz benötigt, ist sein Verhalten entsprechend träge. Weiter wird in der Auswertelektronik die Geschwindigkeitsinformation durch Differenzieren der Winkelinformation gewonnen, was aufgrund der relativ geringen Auflösung zu einem nur bescheidenen Anforderungen genügenden Geschwindigkeitssignal führt, welches zudem noch einen Tiefpaßcharakter hat.

Weiter sind absolute Winkelcodierer bekannt, bei welchen die in digital codierter Form auf dem Rotor angebrachte Winkelposition optisch abgetastet wird. Die Winkelposition und die daraus abgeleitete Winkelgeschwindigkeit stehen somit jederzeit in digital codierter Form zur Verfügung. Da hierbei jedoch ständig das mehrstellige digitale Wort der Winkelposition ausgewertet werden muß, sind diese Systeme aufwendig und träge.

Als vorteilhaft hat sich daher das inkrementale Drehwinkelmeßsystem erwiesen. Bei diesem System trägt der Rotor eine Inkrementalspur mit der Maßverkörperung in einer der gewünschten Winkelauflösung entsprechenden Teilung. Diese Inkrementalspur wird vorzugsweise optisch abgetastet, wodurch einerseits die Winkelgeschwindigkeitsinformation erhalten wird und andererseits durch Zählen der digitalen Inkremente die jeweilige absolute Winkelposition gewonnen werden kann. Um die Winkelauflösung der Inkrementalspur zu verbessern, ist es aus der DE 34 20 600 C2 bekannt, die Abtastung der Inkrementalspur durch den Aufnehmer so zu gestalten, daß sich analoge annähernd sinusförmige elektrische Signale mit einer der Teilung der Inkrementalspur entsprechenden Periode ergeben. Durch Interpolation des Spannungssignals ist eine Verbesserung der Auflösung wirtschaftlich um bis zu einem Faktor 4096 möglich. Die Inkrementalspur wird dabei durch den Aufnehmer so abgetastet, daß zwei in der Phase gegeneinander versetzte elektrische Signale erhalten werden, vorzugsweise zwei um 90° versetzte Signale, d. h. ein Sinus- und ein Kosinus-Signal. Dadurch ist auch die Drehrichtung bestimmbar.

Bei den inkrementalen Drehwinkelmeßsystemen ist es für die Bestimmung der absoluten Winkelposition notwendig, eine Referenz-Markierung für den Nullpunkt der Zählung der Inkremente zu bestimmen. Dies ist nachteilig, da beim Start stets zunächst die Referenz-Markierung angefahren werden muß. Dabei ist das Anfahren nur bei einem Asynchron-Motor möglich, während ein Synchron-Motor für ein definiertes Anfahren bereits eine absolute Winkelinformation benötigt. Um

den Weg für das Anfahren der Referenz-Markierung möglichst klein zu halten, ist bei einem aus der DE 37 37 278 C2 bekannten Drehwinkelmeßsystem der eingangs genannten Gattung eine Spur mit einer Vielzahl von Referenz-Markierungen vorgesehen, so daß beim Start nur ein kleiner Drehwinkel gefahren werden muß, um bei Erreichen der nächsten Referenz-Markierung die absolute Winkelposition festzustellen. Zur Unterscheidung der einzelnen Referenz-Markierungen dient eine weitere Spur, die zwei annähernd sinusförmige, in der Phase um 90° versetzte Signale mit einer Periode pro Umdrehung des Rotors erzeugt. Durch diese Signale läßt sich die jeweils angefahrne Referenz-Markierung identifizieren, die die absolute Winkelposition für die inkrementale Zählung bestimmt. Der mögliche Mindestabstand der Referenz-Markierungen und damit der notwendige Anfahrweg bei Betriebsbeginn ist durch die Winkelgenauigkeit der sinusförmigen Signale vorgegeben.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Drehwinkelmeßsystem zur Verfügung zu stellen, das die absolute Winkelposition mit hoher Auflösung und Genauigkeit erfaßt, ohne daß eine Referenz-Markierung angefahren werden muß, sich auch für hohe Drehzahlen eignet und kostengünstig ist.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Drehwinkelmeßsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Bei dem erfindungsgemäßen Drehwinkelmeßsystem weist der Rotor mehrere Spuren auf, die jeweils abgetastet werden, um sinusförmige oder zumindest annähernd sinusförmige elektrische Signale zu erhalten. Die Abtastung kann je nach Art der Maßverkörperung auf dem Rotor optisch, magnetisch oder in sonstiger an sich bekannter Weise erfolgen. Jede Spur wird dabei zumindest zweifach abgetastet, um in der Phase gegeneinander versetzte elektrische Signale zu erhalten, vorzugsweise wenigstens zwei um 90° gegeneinander versetzte Signale. Aus den gegeneinander versetzten Signalen läßt sich jeweils die Winkelposition bestimmen. Werden um 90° gegeneinander versetzte Signale verwendet, also ein Sinus- und ein Kosinus-Signal, so kann aus diesen Signalen die jeweilige Winkelposition durch Bildung des Arcustangens abgeleitet werden.

Wesentlich für die Erfindung ist dabei, daß die Teilung jeder Spur ein ganzzahliges Vielfaches der Teilung der vorhergehenden Spur ist. Im Hinblick auf die einfache Auswertung werden dabei insbesondere Teilungen verwendet, die jeweils das 2ⁿ-fache der Teilung der vorhergehenden Spur betragen. In der Auswerte-Elektronik werden aus den Sinus- und Kosinus-Signalen der einzelnen Spuren jeweils digitale Winkelwerte gebildet. Diese digitalen Winkelwerte der einzelnen Spuren werden entsprechend dem Teilungsverhältnis dieser Spuren zu einem digitalen Wort aneinandergefügt, welches die absolute Winkelposition des Rotors darstellt. Die Genauigkeit und Linearität der Signale der einzelnen Spuren und das Teilungsverhältnis der aufeinanderfolgenden Spuren werden dabei so aufeinander abgestimmt, daß jedem Winkelwert einer Spur eindeutig eine Periode des Signals der nachfolgenden Spur zugeordnet ist. Die erste Spur liefert ein Sinus- und Kosinus-Signal mit nur einer Periode pro Umdrehung des Rotors. Der aus diesen Signalen abgeleitete Winkelwert zeigt als Vektor eines Polarkoordinatensystems auf ein Polarkoordinatensystem, welches einer Signal-Periode der nachfol-

genden Spur mit der nächst feineren Teilung entspricht. Der Winkelwert der nachfolgenden Spur innerhalb dieser Periode ergibt somit eine Feinanzeige zu dem Winkelwert der ersten Spur. Der Winkelwert der zweiten Spur weist wiederum als Vektor eines Polarkoordinatensystems auf ein einer Signal-Periode der nachfolgenden dritten Spur entsprechendes Polarkoordinatensystem usw. Die letzte Spur ist dabei die Inkrementalspur, die die gewünschte feinste Auflösung der Winkelteilung darstellt. Da die Linearität der Interpolation der Sinus- und Kosinus-Signale der einzelnen Spuren nur so genau sein muß, daß jedem Winkelwert eindeutig eine Periode der nachfolgenden feineren Spur zugeordnet ist, läßt sich ohne höhere Anforderungen an die Genauigkeit der groben Spuren die absolute Winkelposition mit einer beliebigen gewünschten Genauigkeit bestimmen, wobei diese Genauigkeit nur durch die Teilung der feinsten Spur, nämlich der Inkrementalspur, und die Linearität der Interpolation der Signale dieser Spur bestimmt und begrenzt ist.

Selbstverständlich ist neben dieser zumindest systematisch nicht begrenzten Möglichkeit der Verbesserung der Auflösung auch eine Vergrößerung des Meßbereichs auf mehrere Umdrehungen des Rotors durch eine an sich bekannte Multiturn-Anordnung möglich.

Das erfindungsgemäße Prinzip ist an sich für jede Art von Verwirklichung der Maßverkörperung und Abtastung dieser Maßverkörperung geeignet, insbesondere auch für magnetische, kapazitive und induktive Abtastungen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine optische Abtastung einer Rotorscheibe in Durchlicht verwendet. Vorzugsweise werden dabei die Spuren mit Fotodioden abgetastet, wobei die Spuren so angeordnet sind, daß die Fotodioden sämtlicher Spuren in einem kompakten monolithischen Array ausgebildet sind. Neben den konstruktiven Vorteilen ermöglicht dies insbesondere auch die optoelektronische Abtastung mit nur einer einzigen Lichtquelle. Die Abtastung mit einer einzigen Lichtquelle hat den Vorteil, daß die analogen Sinus- und Kosinus-Signale nicht durch sich relativ zueinander ändernde Lichtintensitäten beeinflusst werden. Zudem ergibt sich ein wesentlicher schaltungstechnischer Vorteil, da nur die Intensität einer einzigen Lichtquelle geregelt werden muß. Die Regelung der Intensität dieser Lichtquelle erfolgt zweckmäßigerweise aufgrund einer analogen Quadrierung und Addierung des Sinus- und des Kosinus-Signals.

Die Auswerte-Elektronik des erfindungsgemäßen Drehwinkelmeßsystems stellt in einem Parameterkanal das digitale Wort der absoluten Winkelposition zur Verfügung. Es kann somit jederzeit die absolute Winkelposition des Rotors festgestellt werden. Insbesondere steht beim Einschalten des Systems diese Information zur Verfügung, ohne daß auf eine Referenz-Markierung Bezug genommen werden muß. Auch während des Betriebs steht die absolute Winkelpositions-Information jederzeit über den Parameterkanal zur Verfügung. Um das Drehwinkelmeßsystem auch für hohe Drehzahlen geeignet zu machen, stellt die Auswerte-Elektronik zusätzlich in einem Prozeßkanal das analoge Signal der letzten Spur, d. h. der Inkrementalspur, zur Verfügung. Im aktiven Betrieb, insbesondere bei hohen Drehzahlen, wird diese inkrementale Information zur Auswertung der Winkelposition und Winkelgeschwindigkeiten verwendet. Da die absolute Winkelinformation als mehrstelliges digitales Wort eine größere Trägheit in der Auswertung bewirkt, wird diese im wesentlichen als

Startinformation für die inkrementale Zählung verwendet. Außerdem stellt diese ständig zur Verfügung stehende absolute Winkelinformation eine Redundanz zu der inkremental gemessenen Winkelinformation dar, die im Hintergrund zu einer ständigen Plausibilitätsprüfung und damit zu einer Überwachung der inkrementalen Winkelmessung verwendet werden kann.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Drehwinkelmeßsystem,

Fig. 2 vergrößert einen Ausschnitt der Spuren der optischen Codescheibe in gestreckter Darstellung und das Fotodioden-Array und

Fig. 3 eine Prinzip-Schaltung der Auswerte-Elektronik.

Das Drehwinkelmeßsystem weist eine Welle 10 auf, die mit dem zu messenden Objekt verbunden wird, beispielsweise mit der Welle eines Servomotors gekoppelt wird. Auf der Welle 10 sitzt drehfest eine optische Codescheibe 12. Die Codescheibe 12 trägt später beschriebene lichtdurchlässige Spuren. In einem Bereich werden diese Spuren von einer einzigen Lichtquelle 14, die vorzugsweise eine Leuchtdiode ist, und einer Kondensor-Linse 16 ausgeleuchtet. Auf der der Lichtquelle 14 und der Kondensor-Linse 16 entgegengesetzten Seite der Codescheibe 12 ist in dem ausgeleuchteten Bereich ein Fotodioden-Array 18 angeordnet, welches in der nachfolgend beschriebenen Weise aufgebaut ist.

Die Codescheibe 12 weist eine innere erste Spur 20 auf, die aus vier konzentrischen lichtdurchlässigen Einzelspuren besteht. Jede dieser Einzelspuren wird durch zwei exzentrisch gegeneinander versetzte Kreise begrenzt. Jede der Einzelspuren dieser ersten Spur wird durch eine Fotodiode 22 des Fotodiodenarrays 18 abgetastet. Die Begrenzung der Einzelspuren der ersten Spur 20 durch exzentrische Kreise ergibt bei Drehung der Codescheibe 12 eine Flächenabdeckung der Einzelspuren mit den rechteckigen lichtempfindlichen Flächen der Fotodioden 22, die im wesentlichen einer Sinus-Funktion folgt. Die vier Einzelspuren der ersten Spur 20 sind jeweils um 90° auf der Codescheibe 12 versetzt, so daß die durch die in derselben Winkelposition radial angeordneten Fotodioden 22 erhaltenen Sinus-Signale jeweils um 90° in der Phase gegeneinander versetzt sind. Die vier Fotodioden 22 der ersten Spur 20 ergeben somit elektrische Signale, die einer Sinus-Funktion, einer Minussinus-Funktion, einer Kosinus-Funktion und einer Minuskosinus-Funktion entsprechen. Alle diese Signale der Fotodioden 22 der ersten Spur 20 weisen jeweils eine Periode pro Umdrehung der Codescheibe 12 auf.

Konzentrisch außerhalb der ersten aus vier Einzelspuren bestehenden Spur 20 ist eine zweite lichtdurchlässige Spur 24 angeordnet. Diese zweite Spur 24 besteht aus sich in Umfangsrichtung aneinanderreihenden segmentbogenförmigen lichtdurchlässigen Feldern mit einer gegenüber der ersten Spur 20 achtfach feineren Teilung. Diese zweite Spur 24 wird durch vier Fotodioden 26 mit rechteckiger lichtempfindlicher Fläche abgetastet. Die Flächenüberdeckung der Fotodioden 26 und der Segmentbögen der zweiten Spur 24 ergeben bei Drehung der Codescheibe 12 ebenfalls sinusförmige Signale mit acht Perioden pro Umdrehung der Codescheibe 12 entsprechend der Teilung der zweiten Spur 24. Die vier Fotodioden 26, die die zweite Spur 24 abtasten, sind in Umfangsrichtung im Winkel so gegeneinander versetzt, daß ihre Abtastsignale jeweils um 90° gegen-

einander in der Phase versetzt sind, so daß sich ebenfalls sinus-, minussinus-, kosinus- und minuskosinus-förmige Signalverläufe ergeben.

Konzentrisch außerhalb der zweiten Spur 24 ist eine dritte Spur 28 angeordnet, die entsprechend gestaltet ist wie die zweite Spur, jedoch gegenüber dieser eine achtfach feinere Teilung aufweist. Die dritte Spur 28 wird durch Fotodioden 30 abgetastet, die dementsprechend sinusförmige elektrische Signale mit 64 Perioden pro Umdrehung der Codescheibe 12 erzeugen. Die Fotodioden 30 sind ebenfalls in Umfangsrichtung im Winkel so versetzt, daß sie jeweils um 90° in der Phase gegeneinander versetzte elektrische Signale erzeugen. Wegen der geringeren radialen Breite der Segmentbögen der dritten Spur 28 sind 16 Fotodioden 30 vorgesehen, um eine ausreichende Lichtintensität zu erhalten. Jeweils vier Fotodioden 30 mit entsprechender Phasenlage der elektrischen Signale sind gruppenweise zusammenschaltet.

Konzentrisch außerhalb der dritten Spur 28 ist eine letzte Spur 32 angeordnet, die wiederum eine gegenüber der dritten Spur 28 achtfach feinere Teilung aufweist. Da eine segmentbogenförmige Ausbildung der vierten Spur 32 wegen dieser feinen Teilung schwierig herstellbar ist, wird die äußerste Spur 32 durch eine Strichteilung gebildet. Die Fotodioden 34, die diese äußerste Spur 32 abtasten, weisen eine sinusbogenförmige lichtempfindliche Fläche auf, so daß die Abtastung der Strichteilung der Spur 32 mit diesen Fotodioden 34 ebenfalls zu einem sinusförmigen elektrischen Signal führt. Aufgrund der Teilung bei dieser äußeren Spur 32 ergeben sich 512 Perioden des sinusförmigen elektrischen Signals pro Umdrehung der Codescheibe 12. Die äußere Spur 32 wird durch die in Umfangsrichtung im Winkel versetzt angeordneten Fotodioden 34 so abgetastet, daß sich auch hier vier jeweils um 90° in der Phase versetzte Signale ergeben. Um die nötige Lichtintensität zu empfangen, sind 32 Fotodioden 34 vorgesehen, wobei jeweils die in der Phase des elektrischen Signals übereinstimmenden Fotodioden zusammenschaltet sind. Um eine kompakte Anordnung der Fotodioden 34 zu erhalten, sind die spitzen Sinusbögen der jeweils aufeinanderfolgenden Fotodioden 34 um 180° gedreht gegeneinander gerichtet, so daß zwei Reihen von Fotodioden 34 kammartig ineinandergreifen, wie dies in Fig. 2 zu erkennen ist.

Die Fotodioden 22, 26, 30 und 34 sind monolithisch in dem Fotodioden-Array 18 zusammengefaßt. Dadurch ist ein kompakter Aufbau möglich.

In der bisher beschriebenen Ausführung ist das Drehwinkelmeßsystem als Singleturn-Meßsystem aufgebaut, d. h. das Drehwinkelmeßsystem kann die Winkelposition der Welle 10 innerhalb einer Umdrehung absolut messen. Hierzu arbeitet das Drehwinkelmeßsystem in folgender Weise.

Die von den Fotodioden 34 der äußersten letzten Spur 32 gewonnenen elektrischen Signale mit 512 Perioden werden der als integrierter Baustein ausgebildeten Auswerte-Elektronik 36 zugeführt. Dabei werden das Sinus-Signal S512+ und das Minussinus-Signal S512- einem Differenzverstärker 38 zugeführt, der die Spannungswerte der beiden Signale subtrahiert, so daß der Gleichspannungsanteil unterdrückt und ein Sinus-Signal S512 erhalten wird. In gleicher Weise werden das Kosinus-Signal C512+ und das Minuskosinus-Signal C512- einem Differenzverstärker 38 zugeführt, und ein Kosinus-Signal C512 ohne Gleichspannungsanteil erhalten. Das Sinus-Signal S512 und das Kosinus-Signal

C512 werden einem Quadrierer und Addierer 40 zugeführt, in welchem ihre Quadratsumme gebildet wird, die das Quadrat der Vektorlänge des Winkelwertes der äußeren Spur 32 darstellt. Diese Quadratsumme wird als Istwert für einen Integralregler 41 verwendet, der die von dem Fotodioden-Array 18 empfangene Lichtintensität der Lichtquelle 14 konstant regelt.

Weiter werden das analoge Sinus-Signal S512 und das analoge Kosinus-Signal C512 einem Operationsverstärkertreiber 42 zugeführt, der das analoge Winkelsignal der äußersten Spur 32 an einem Analogausgang 44 zur Verfügung stellt.

Weiter werden das Sinus-Signal S512 und das Kosinus-Signal C512 einem Diskriminator 46 zugeführt, der diese Signale diskriminiert und in digitale Zählkrementen wandelt, die an einem Clock-Ausgang zur Verfügung stehen. Weiter analysiert der Diskriminator 46 aus den Sinus- und Kosinus-Signalen die Drehrichtung der Welle 10 und liefert entsprechend ein "Count Up"- oder "Down"-Schaltsignal. Diese Signale werden in einem später beschriebenen Microcontroller 52 dazu verwendet, eine Bewegung der Welle 10 bei der Bildung der absoluten Winkelposition zu berücksichtigen.

Die äußerste Spur 32 mit der 512er Teilung stellt somit ein inkrementales Winkelsignal zur Verfügung, dessen Genauigkeit sich ergibt aus der Teilung mit 512 Perioden (9 bit) und der Interpolation des sinusförmigen Signals. Die Genauigkeit der Interpolation einer Periode ist besser als ein Prozent, so daß sich die Genauigkeit der Winkelangabe weiter um ca. 7 bit auf insgesamt 16 bit bzw. 20 Bogensekunden erhöht. Mit einem vertretbaren Aufwand ist noch eine Steigerung der Gesamtauflösung pro Umdrehung auf 21 bit bzw. 0,6 Bogensekunden möglich.

Ein wesentlicher Vorteil des Analogausgangs 44 besteht darin, daß auch bei hohen Drehzahlen zu dem Motorregler nur relativ niedrige Frequenzen übertragen werden müssen. Bei einer Drehzahl von 6000 UPM ergibt sich für die 512 Perioden des Analogsignals pro Umdrehung nur eine Frequenz von 51,2 kHz, die übertragen werden muß.

Um die absolute Winkelposition zu bestimmen, werden weiter die elektrischen Signale der Fotodioden 22, 26, 30 und 34 der Auswerte-Elektronik 36 über Eingänge 48 zugeführt. Auch hier werden in der oben beschriebenen Weise die Sinus- und Minussinus-Signale und ebenso Kosinus- und Minuskosinus-Signale Differenzverstärkern 38 zugeführt, um Sinus- und Kosinus-Signale ohne Gleichspannungsanteil zu erhalten. Um den Schaltungsaufwand zu verringern, sind die Fotodioden 22, 26, 30 und 34 seriell an die Differenzverstärker 38 anschaltbar. Zwei Sample- und Hold-Verstärker 50, die den Differenzverstärkern 38 nachgeschaltet sind, ermöglichen dabei die gleichzeitige Abtastung der Sinus- und Kosinus-Signale sämtlicher Spuren auch bei großen Drehzahlen, um die sich aus diesen Sinus- und Kosinus-Signalen ergebenden Vektorwinkel sämtlicher Spuren in einem der Auswerte-Elektronik 36 nachgeschalteten Microcontroller 52 zu dem digitalen Wort der absoluten Winkelposition zusammenzufügen.

Die Auswerte-Elektronik 36 stellt somit einerseits aus der letzten Spur 32 mit der feinsten Teilung abgeleitete Inkremental-Signale zur Verfügung. Diese stehen als analoges sinusförmiges Signal mit 512 Perioden pro Umdrehung zur Verfügung, welches über den Operationsverstärkertreiber 42 unmittelbar zum Motorverstärker des Servomotors übertragen wird. Weiter steht die sich aus sämtlichen Spuren ergebende absolute Win-

kelposition zur Verfügung, die in dem Microcontroller 52 zu einem digitalen Wort zusammengefügt wird, welches über eine Schnittstelle 54 in einem definierten Datenformat an einem Parameterausgang 56 zur Verfügung steht.

Zur Vervollständigung des Drehwinkelmeßsystems ist dem Microcontroller 52 noch ein EEPROM 58 als Speicher zugeordnet. In diesem EEPROM 58 sind alle gerätespezifischen Informationen, wie Offset, Verstärkung, Relativlage usw. abgelegt. Beim Einschalten des Drehwinkelmeßsystems holt der Microcontroller 52 aus dem seriellen EEPROM 58 zunächst alle diese Informationen und aktiviert mit diesen Werten die Auswerte-Elektronik 36. Hierzu sind insbesondere die Differenzverstärker 38 mit einzeln digital einstellbaren Potentiometern 60 versehen. Dadurch kann insbesondere die Länge des Winkelvektors der Inkrementalspur 32 eingestellt werden, um Einflüsse der Temperatur der Abtastung, der Änderung der Lichtintensität der Lichtquelle 14 infolge von Alterung und der Verschmutzung der Codescheibe 12 auszugleichen.

Die absolute Winkelposition dient als jederzeit und in jeder Stellung der Welle 10 sofort zur Verfügung stehende Referenz für die inkrementale Winkelzählung. Darüber hinaus kann die absolute Winkelposition auch während des Betriebs, selbst bei sehr hohen Drehzahlen, jederzeit abgefragt werden. Dadurch ist auch eine Kontrolle der schnellen inkrementalen Winkelmessung möglich. Zu einem vorgegebenen Synchronisationszeitpunkt werden der inkrementale Winkelwert und die Signalwerte sämtlicher Spuren festgehalten (Capture latch) und in einem anschließenden langsameren Synchronisationszyklus verglichen. Eine solche Plausibilitätskontrolle der für die eigentliche Steuerung verwendeten inkrementalen Drehwinkelmessung kann ständig im Hintergrund mitlaufen.

Das vorstehend beschriebene Drehwinkelmeßsystem kann ohne weiteres von einer Singleturn-Messung auf eine Multiturn-Messung erweitert werden, wenn die absolute Winkelposition über mehrere Drehungen der Welle 10 gemessen werden soll.

Wie Fig. 1 zeigt, wird hierzu an die Welle 10 drehsteif ein Multiturn-System angekuppelt. Dieses besteht in an sich bekannter Weise aus über Untersetzungsgetriebe 64 hintereinandergeschalteten Singleturn-Absolut-Winkelgebern 62. In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind vier Multiturn-Stufen vorgesehen, die jeweils ein Untersetzungsverhältnis von $1:2^3$ aufweisen. Es kann damit die Winkelposition über 4096 Umdrehungen der Welle 10 absolut bestimmt werden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Absolut-Winkelgeber 62 durch Magnetscheiben mit einer entsprechenden Teilung gebildet, die mittels Hall-Magnetsensoren abgetastet werden. Auch die Abtastsignale der Multiturn-Absolut-Winkelgeber 62 werden der Auswerte-Elektronik 36 zugeführt und in dem Microcontroller 52 zu dem digitalen Wort der absoluten Winkelposition hinzugefügt.

Patentansprüche

1. Drehwinkelmeßsystem, mit einem Rotor, mit wenigstens drei dem Rotor zugeordneten Spuren, die in zugeordneten Aufnehmern elektrische Signale erzeugen, wobei die letzte Spur mit der feinsten Teilung (Periodenzahl der elektrischen Signale pro Umdrehung) eine Inkrementalspur ist, wobei die erste Spur mit der größten Teilung zwei annä-

hernd sinusförmige in der Phase vorzugsweise um 90° versetzte elektrische Signale mit einer Periode pro Umdrehung des Rotors erzeugt und wobei die Teilung jeder Spur ein ganzzahliges Vielfaches der Teilung der jeweils vorhergehenden Spur ist, mit einer durch die Spuren gegebenen Bestimmung der absoluten Winkelposition des Rotors und mit einer Auswerte-Elektronik für die elektrischen Signale, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Spuren (20, 24, 28, 32) des Rotors (Codescheibe 12) in den zugeordneten Aufnehmern (Fotodioden 22, 26, 30, 34) jeweils zwei annähernd sinusförmige in der Phase vorzugsweise um 90° gegeneinander versetzte elektrische Signale erzeugen, daß die Auswerte-Elektronik (36, Microcontroller 52) aus den analogen Signalen dieser Spuren (20, 24, 28, 32) digitale Winkelwerte bildet, wobei jedem Winkelwert einer Spur (20, 24, 28) eindeutig eine Periode der Signale der jeweils nachfolgenden Spur (24, 28, 32) zugeordnet ist, und die Winkelwerte der einzelnen Spuren (20, 24, 28, 32) zu einem die Absolutwinkelposition des Rotors (Codescheibe 12) darstellenden digitalen Wort aneinanderfügt.

2. Drehwinkelmeßsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerte-Elektronik (36, Microcontroller 52) in einem Prozeßkanal das analoge Signal der letzten Spur (32) und in einem Parameterkanal das digitale Wort der absoluten Winkelposition zur Verfügung stellt.

3. Drehwinkelmeßsystem nach Anspruch 1, oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die letzte Inkrementalspur (32) in den ihr zugeordneten Aufnehmern (34) zwei annähernd sinusförmige, in der Phase vorzugsweise um 90° versetzte elektrische Signale erzeugt, aus denen der Winkelwert mit der feinsten Teilung der absoluten Winkelposition des Rotors (12) darstellenden digitalen Wortes gebildet wird.

4. Drehwinkelmeßsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Rotor eine Codescheibe (12) ist, die lichtdurchlässige Spuren (20, 24, 28, 32) aufweist, die durch eine Lichtquelle (40) beleuchtet und durch Fotodioden (22, 26, 30, 34) abgetastet werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Spuren (20, 22, 28) mit größerer Teilung durch periodische Bogensegmente gebildet sind und durch Fotodioden (22, 26, 30) mit rechteckiger lichtempfindlicher Fläche abgetastet werden und daß die Spuren (32) mit feiner Teilung als Strichteilung ausgebildet sind und durch Fotodioden (34) mit sinusbogenförmiger lichtempfindlicher Fläche abgetastet werden.

5. Drehwinkelmeßsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Fotodioden (22, 26, 30, 34) in einem monolithischen Fotodioden-Array (18) ausgebildet sind und nur eine einzige Lichtquelle (14) zur Ausleuchtung sämtlicher Spuren (20, 24, 28, 32) dient.

6. Drehwinkelmeßsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität der Lichtquelle (14) durch die Auswerte-Elektronik (36) so geregelt wird, daß die Summe der Quadrate der jeweils um 90° in der Phase versetzten elektrischen Signale (Sinus- und Kosinus-Signal) der letzten Spur (32) konstant gehalten ist.

7. Drehwinkelmeßsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Spur (20, 24, 28, 32) vier jeweils um 90° in der Phase gegeneinander verschobene elektrische Si-

gnale erzeugt (Sinus-, Minussinus-, Kosinus-, Minuskosinus-Signal) und daß die jeweils um 180° gegeneinander versetzten Signale (Sinus- und Minussinus-Signal; Kosinus- und Minuskosinus-Signal) in einem Differenzverstärker (38) subtrahiert werden, 5
um die beiden um 90° gegeneinander versetzten Signale (Sinus- und Kosinus-Signal) zu erhalten.

8. Drehwinkelmeßsystem nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Spur (20) mit der größten Teilung aus vier konzentrischen, im Winkel gegeneinander versetzten Einzelspuren besteht, die durch radial in gleicher Winkelstellung angeordnete Fotodioden (22) abgetastet werden, während die Spuren (24, 28, 32) mit der feineren Teilung jeweils nur aus einer Spur bestehen und durch in Umfangsrichtung im Winkel gegeneinander versetzt angeordnete Fotodioden (26, 30, 34) abgetastet werden. 15

9. Drehwinkelmeßsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswerte-Elektronik (36) ein Microcontroller (52) zugeordnet ist, der die Winkelwerte der einzelnen Spuren (20, 24, 28, 32) berechnet und zu dem digitalen Wort der absoluten Winkelposition aneinanderfügt und die Abfrage und Ausgabe des digitalen Wortes steuert, daß dem Microcontroller (52) ein Speicher (EEPROM 58) zugeordnet ist, der die gerätespezifischen Daten speichert, und daß der Microcontroller (52) die Auswerte-Elektronik (36) entsprechend den im Speicher (EEPROM 58) gespeicherten Werten abgleicht. 20 25 30

10. Drehwinkelmeßsystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerte-Elektronik digital einstellbare Potentiometer (60) zum Abgleichen der elektrischen Signale der einzelnen Spuren (20, 24, 28, 32) aufweist. 35

11. Drehwinkelmeßsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an den Rotor (Welle 10) eine oder mehrere Singleturn-Absolut-Winkelgeber (62) über Untersetzungsgetriebe (64) drehsteif hintereinander gekuppelt sind und daß die absolute Winkelposition dieser Winkelgeber (62) für die Auswerte-Elektronik (36) dem digitalen Wort der absoluten Winkelposition des Rotors angefügt werden. 40 45

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -

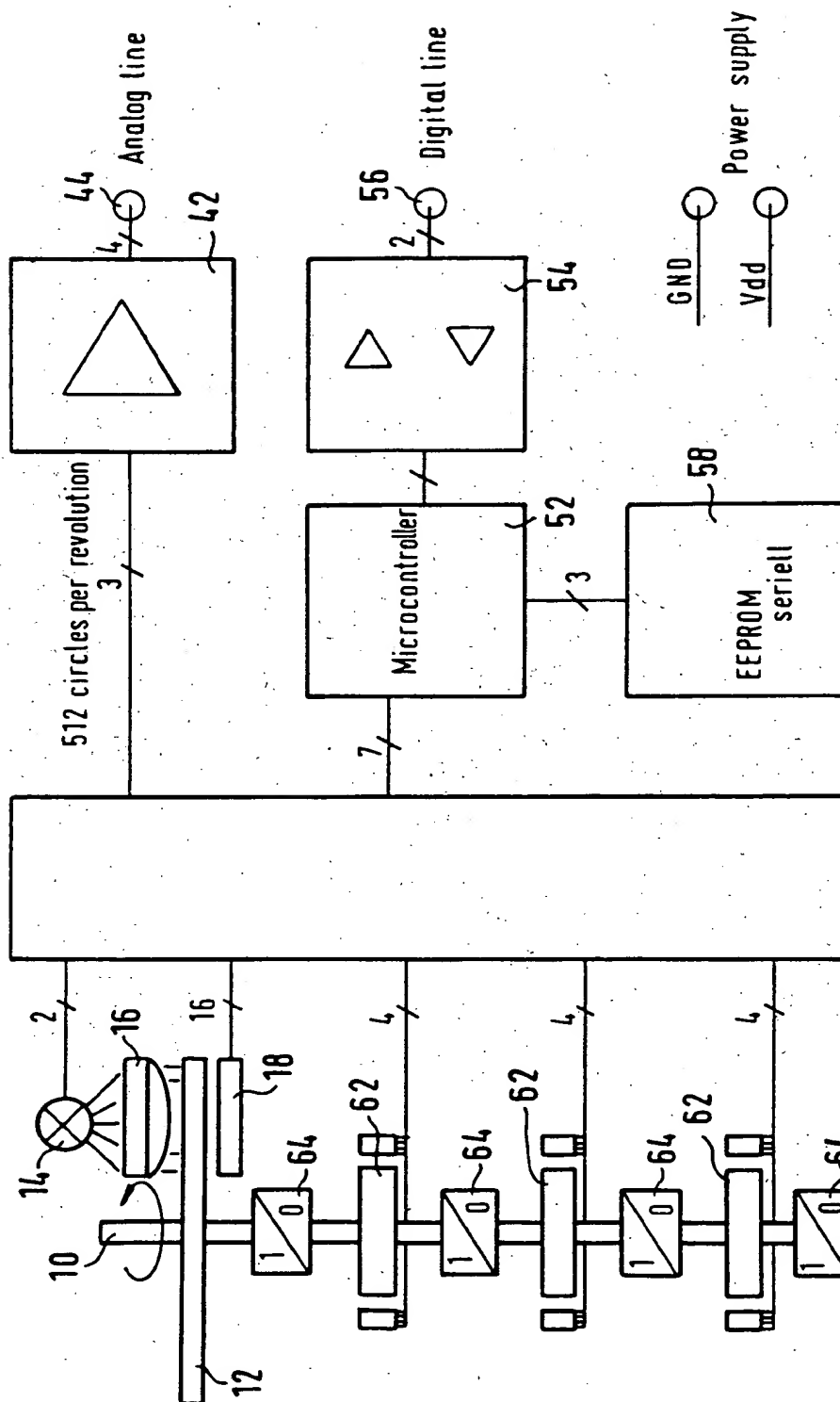


Fig. 1

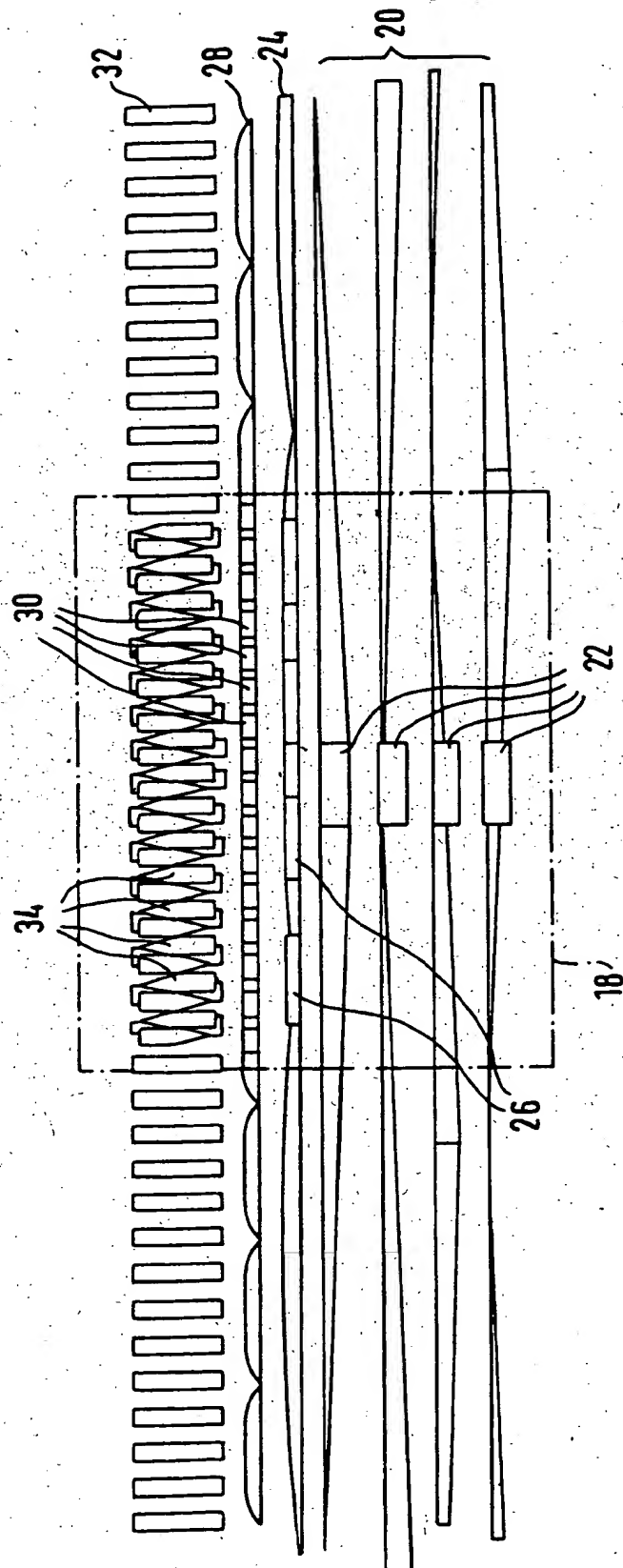


Fig. 2

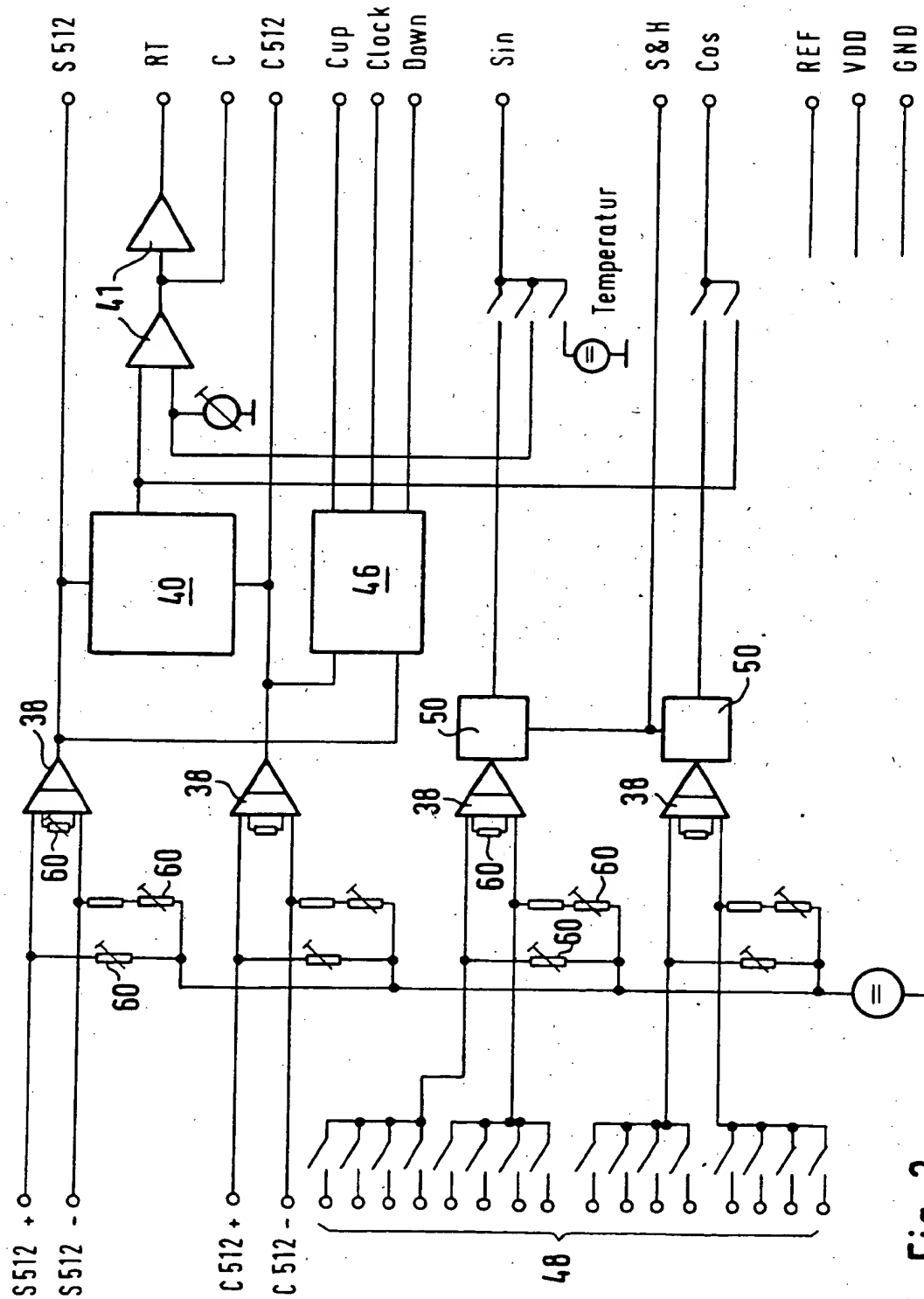


Fig. 3